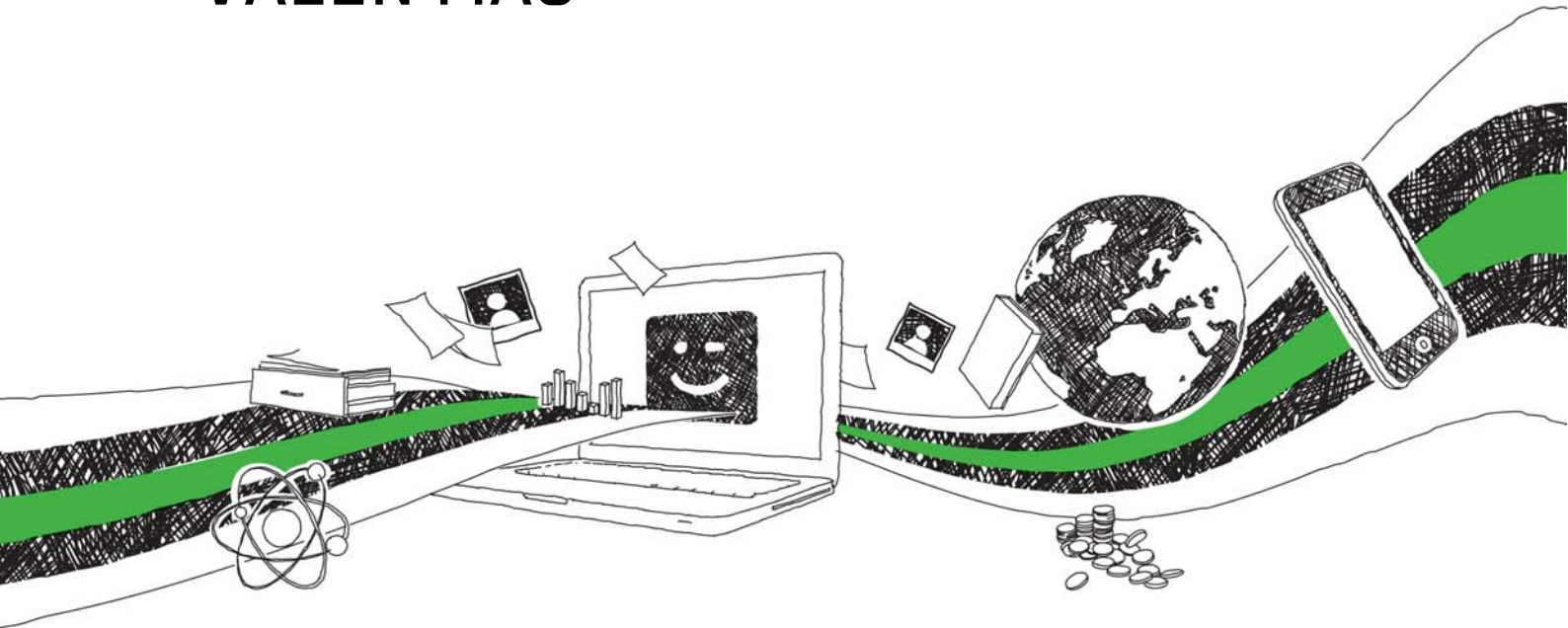


Manuel Serrano Alvarez

**Caracterización Química y Radiométrica
de una sección del Eoceno en el Subsuelo
del Lago de Maracaibo, Cuenca de
Maracaibo, Venezuela**

Tesis de Maestría

CON GRIN SUS CONOCIMIENTOS VALEN MAS



- Publicamos su trabajo académico, tesis y tesina
- Su propio eBook y libro - en todos los comercios importantes del mundo
- Cada venta le sale rentable

Ahora suba en www.GRIN.com
y publique gratis



Bibliographic information published by the German National Library:

The German National Library lists this publication in the National Bibliography; detailed bibliographic data are available on the Internet at <http://dnb.dnb.de> .

This book is copyright material and must not be copied, reproduced, transferred, distributed, leased, licensed or publicly performed or used in any way except as specifically permitted in writing by the publishers, as allowed under the terms and conditions under which it was purchased or as strictly permitted by applicable copyright law. Any unauthorized distribution or use of this text may be a direct infringement of the author s and publisher s rights and those responsible may be liable in law accordingly.

Imprint:

Copyright © 2003 GRIN Verlag
ISBN: 9783346101839

This book at GRIN:

<https://www.grin.com/document/507886>

Manuel Serrano Alvarez

**Caracterización Química y Radiométrica de una sección
del Eoceno en el Subsuelo del Lago de Maracaibo,
Cuenca de Maracaibo, Venezuela**

GRIN - Your knowledge has value

Since its foundation in 1998, GRIN has specialized in publishing academic texts by students, college teachers and other academics as e-book and printed book. The website www.grin.com is an ideal platform for presenting term papers, final papers, scientific essays, dissertations and specialist books.

Visit us on the internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE UNA SECCIÓN
DEL EOCENO EN EL SUBSUELO DEL LAGO DE MARACAIBO.
CUENCA DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA**

INGENIERO GEÓLOGO MANUEL SERRANO ALVAREZ

**TRABAJO DE TESIS DE MAESTRÍA PRESENTADO A LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
PARA OPTAR AL TITULO DE MAGISTER SCIENTIARUM EN CIENCIAS
GEOLÓGICAS**

CARACAS, MAYO 2003

© MANUEL SERRANO ALVAREZ. 2003

Hecho el depósito de ley

Depósito Legal N°. If487200355119

I. ÍNDICE

	Página
RESUMEN	I
1. INTRODUCCIÓN	1-1
1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES	1-1
1.1.1 Objetivos específicos	1-1
1.2. ÁREA DE ESTUDIO	1-2
1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO	1-4
1.3.1. Criterios de selección	1-4
1.3.2. Metodología y equipos analíticos utilizados	1-5
1.3.2.1. Análisis químicos	1-5
1.3.2.2. Radiometría	1-6
2. MARCO TEÓRICO	2-1
2.1. GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	2-1
2.1.1. Introducción	2-1
2.1.2. Composición química de las rocas sedimentarias	2-2
2.2. QUIMIOESTRATIGRAFÍA	2-7
2.2.1. Importancia	2-7
2.2.2. Antecedentes	2-8
2.2.3. Clasificación Litológica	2-12
2.3. Fluorescencia de Rayos X	2-15
2.4. Radioactividad en las rocas sedimentarias	2-17
2.4.1. Introducción	2-17
2.4.2. Contenido de U y Th en rocas sedimentarias	2-18
2.5. Significado geológico de los elementos químicos y sus combinaciones	2-22
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	3-1
3.1. ESTADÍSTICA UNIVARIABLE	3-1
3.1.1. Diagramas de caja (Box Plots)	3-1
3.1.2. Diagramas de dispersión	

	Página
3.2. ESTADÍSTICA MULTIVARIABLE	3-3
3.2.1. Análisis de agrupaciones	3-3
3.2.2. Funciones discriminantes	3-6
4. GEOLOGÍA REGIONAL	4-1
4.1 MARCO TECTÓNICO Y ESTRATIGRÁFICO REGIONAL	4-1
Sedimentación Cretácica	4-1
Sedimentación Terciaria	4-7
4.2. NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN MISOA	4-13
4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	4-15
5. GEOLOGÍA LOCAL	5-1
5.1. ESTRATIGRAFÍA	5-1
5.2. ASOCIACIONES DE FACIES	5-6
5.3. ESTRUCTURA	5-13
6. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA Y RADIOMÉTRICA	6-1
6.1. DEFINICIÓN ESTRATIGRÁFICA	6-1
6.1.1. Introducción	6-1
6.1.2. El uso del análisis químico y radiométrico en la definición de marcadores e intervalos estratigráficos	6-2
6.1.2.1 Introducción	6-2
6.1.2.2. Marcadores estratigráficos	6-3
6.1.2.3. Intervalos estratigráficos	6-19
6.1.3. Variabilidad composicional	6-38
6.1.3.1. Diagramas de dispersión	6-39
6.1.3.2. Diagramas de caja	6-51
6.1.3.3 Diagramas Ternarios	6-64
6.1.3.4. Clasificación litológica	6-69
6.1.4 Funciones discriminantes	6-77

	Página
6.1.4.1. Funciones discriminantes en la diferenciación de ambientes de sedimentación e intervalos estratigráficos (composición química y radiométrica)	6-78
7. CALIDAD DE ROCA	7-1
7.1. POROSIDAD	7-1
7.2. PERMEABILIDAD	7- 4
7.3. ARCILLOSIDAD	7-7
8. CONCLUSIONES	8-1
9. RECOMENDACIONES	9-1
10. BIBLIOGRAFÍA	10-1

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1. Ubicación regional del área estudiada	1-3
Figura 1.2. Mapa de ubicación del área LL453, y de los pozos con núcleos.	1-4
Figura 1.3. Espectro gamma mostrando las ventanas de medición del Exploranium.	1-7
Figura 2.1. Campos composicionales de la clasificación litológica de Herron (1988).	2-14
Figura 2.2. Ejemplo del espectro obtenido al analizar una muestra de roca.	2-17
Figura 3.1. Elementos de los diagramas de caja.	3-2
Figura 3.2. Dendograma del pozo LL773, generado con el programa NCSS 2000.	3-5
Figura 3.3. Dendograma del pozo LL773, generado con el programa MVSP.	3-6
Figura 3.4. Gráfico de clasificación por ambientes generado con el modulo de funciones discriminantes del paquete NCSS.	3-8
Figura 4.1. Paleogeografía del occidente de Venezuela durante el Jurásico.	4-2
Figura 4.2. Cuadro de correlación cronoestratigráfica regional.	4-3
Figura 4.3. Fragmento de roca volcánica en una arenisca de la Formación Río Negro.	4-4
Figura 4.4. Paleogeografía del occidente de Venezuela durante el Albiense.	4-5
Figura 4.5. Patrón de migración de la cuenca antepaís desde el Paleoceno hasta el Eoceno Medio.	4-9
Figura 4.6. Registro del pozo BA2100, mostrando los dos ciclos sedimentarios de origen tectónico desarrollados en la Formación Misoa.	4-11
Figura 4.7. Columna estratigráfica del Lago de Maracaibo, mostrando la nomenclatura usada en la descripción de la Formación Misoa.	4-14
Figura 4.8. Estilos estructurales actuales en el subsuelo del Lago de Maracaibo	4-17
Figura 5.1. Mapa base del área estudiada con ubicación de pozos con núcleos.	5-2
Figura 5.2. Estratigrafía del intervalo B-7-X / B-8-X.	5-4
Figura 5.3. Distribución del intervalo 5, el cual desaparece en dirección sureste.	5-5
Figura 5.4. Principales cementos autigénicos observados en los canales distributarios.	5-8

	Página
Figura 5.5. Grano de feldespato parcialmente alterado.	5-9
Figura 5.6. Intervalo heterolítico predominantemente arenoso.	5-6
Figura 5.7. Mapa estructural del área LL453.	5-14
Figura 6.1. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL773.	6-5
Figura 6.2. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL806.	6-7
Figura 6.3. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL832.	6-7
Figura 6.4. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL850.	6-8
Figura 6.5. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL869.	6-8
Figura 6.6. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL965.	6-9
Figura 6.7. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL967.	6-10
Figura 6.8. Determinación de superficies de erosión para el pozo LL3045.	6-11
Figura 6.9. Perfil radiométrico para el pozo LL773.	6-15
Figura 6.10. Perfil radiométrico para el pozo LL806.	6-16
Figura 6.11. Perfil radiométrico para el pozo LL832.	6-16
Figura 6.12. Perfil radiométrico para el pozo LL850.	6-17
Figura 6.13. Perfil radiométrico para el pozo LL869.	6-17
Figura 6.14. Perfil radiométrico para el pozo LL965.	6-18
Figura 6.15. Perfil radiométrico para el pozo LL967.	6-18
Figura 6.16. Perfil radiométrico para el pozo LL3045.	6-19
Figura 6.17. Dendograma para el pozo LL773 elaborado con el programa MVSP.	6-21
Figura 6.18. Dendogramas para el pozo LL967 elaborado con el programa MVSP.	6-22
Figura 6.19. Dendogramas para el pozo LL3045 elaborado con el programa MVSP.	6-23
Figura 6.20. Dendograma para el pozo LL945 elaborado con el programa MVSP.	6-25
Figura 6.21. Dendograma para el pozo LL850 elaborado con el programa MVSP.	6-25
Figura 6.22. Dendograma para el pozo LL869 elaborado con el programa MVSP.	6-26
Figura 6.23. Dendograma para el pozo LL806 elaborado con el programa MVSP.	6-27
Figura 6.24. Dendograma para el pozo LL965 elaborado con el programa MVSP.	6-28
Figura 6.25. Dendograma para el pozo LL832 elaborado con el programa MVSP.	6-34
Figura 6.26. Superficie erosiva definida por la ichnofacies de <i>Glossifungites</i> .	6-35

	Página
Figura 6.27. Etapas en la formación de una superficie de <i>Glossifungites</i> .	6-36
Figura 6.28. Grano de feldespato parcialmente alterado.	6-46
Figura 6.29. Minerales ricos en Titanio identificados con el EDX.	6-46
Figura 6.30A. Diagramas de caja como elemento diferenciador de ambientes.	6-51
Figuras 6.30 B y C. Diagramas de caja como elemento diferenciador de ambientes.	6-52
Figura 6.31. Arenisca calcárea asociada a ambientes de bahías interdistributarias, con clastos y hojuelas de arcilla. Pozo LL3045 (6209').	6-55
Figuras 6.32 A y B. Diagramas de caja de las variables radiométricas en la diferenciación de ambientes sedimentarios.	6-57
Figuras 6.33 A y B. Diagramas de caja de las variables químicas en la diferenciación de intervalos estratigráficos.	6-59
Figuras 6.33 C. Diagramas de caja de las variables químicas en la diferenciación de intervalos estratigráficos.	6-60
Figuras 6.34 A y B. Diagramas de caja de las variables radiométricas en la diferenciación de intervalos estratigráficos.	6-61
Figura 6.35. Diagramas ternarios para el sistema $Al_2O_3/Fe_2O_3/K_2O$.	6-67
Figura 6.36. Diagramas ternarios para el sistema $Al_2O_3/Fe_2O_3/K_2O$. Aplicado al ambiente de marismas.	6-68
Figura 6.37. Clasificación litológica para el intervalo 1.	6-69
Figura 6.38. Clasificación litológica para el intervalo 2.	6-70
Figura 6.39. Clasificación litológica para el intervalo 3.	6-70
Figura 6.40. Clasificación litológica para el intervalo 4.	6-71
Figura 6.41. Clasificación litológica para el intervalo 5.	6-71
Figura 6.42. Clasificación litológica para el intervalo 6.	6-72
Figura 6.43. Clasificación litológica para el intervalo 7.	6-72
Figura 6.44. Clasificación litológica para el intervalo 8.	6-73
Figura 6.45. Clasificación litológica para el intervalo 9.	6-73

	Página
Figura 6.46. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL3045 y LL773.	6-79
Figura 6.47. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL806 y LL832.	6-80
Figura 6.48. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL850 y LL965.	6-80
Figura 6.49. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL967 y LL869.	6-81
Figura 6.50. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL3045 y LL773.	6-83
Figura 6.51. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL806 y LL832.	6-84
Figura 6.52. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL850 y LL965.	6-84
Figura 6.53. Discriminación de ambientes e intervalos estratigráficos en los pozos LL967 y LL869.	6-85
Figura 6.54. Discriminación química y radiométrica de ambientes e intervalos estratigráficos en el pozo LL945.	6-85
Figura 6.55. Discriminación de ambientes en los pozos LL3045, LL773, LL832, y LL850.	6-88
Figura 6.56. Discriminación de ambientes para los pozos LL806, LL945, LL965, y LL967.	6-89
Figura 6.57. (a) Discriminación de ambientes para el pozo LL869. (b) discriminación de ambientes usando todos los pozos y excluyendo el LL832 el cual no posee descripción sedimentológica.	6-90
Figura 6.58. Clasificación de cada una de las muestras disponibles del pozo LL832, usando las funciones discriminantes obtenidas con la clasificación mostrada en la figura 6.57.b y las ecuaciones de la tabla 6.15.	6-94
Figura 6.59. Discriminación de intervalos en los pozos LL3045, LL773, LL806 y LL832.	6-96

	Página
Figura 6.60. Discriminación de intervalos en los pozos LL850, LL945, LL965 y LL967.	6-96
Figura 6.61. Discriminación de intervalos en el pozo LL869.	6-97
Figura 6.62. Discriminación de intervalos estratigráficos 1, 2, 3, y 4 por pozo.	6-98
Figura 6.63. Discriminación de intervalos estratigráficos 5, 6, 7, y 8 por pozo.	6-99
Figura 6.64. Discriminación del intervalo 9 por pozo.	6-99
Figura 7.1. Triángulo de estabilidad mineralógica de las areniscas de acuerdo a su composición detrital.	7-2
Figura 7.2. Distribución de porosidades por intervalo.	7-3
Figura 7.3. Porosidad secundaria por disolución de granos y matriz.	7- 4
Figura 7.4. Gráficos compuestos para los pozos LL967 y LL806, en donde se compara índice de madurez textural y la permeabilidad de los intervalos.	7-6
Figura 7.5. Gráficos compuestos para los pozos LL850 y LL773, en donde se compara el índice de madurez textural y la permeabilidad de los intervalos.	7-7
Figura 7.6. Registro compuesto donde se compara la respuesta radiométrica con el índice de madurez textural en el pozo LL832.	7-8
Figura 7.7. Registro compuesto donde se compara la respuesta radiométrica con el índice de madurez textural.	7-9
Figura 7.8. Registro compuesto en donde se puede observar la correlación entre el perfil radiométrico y el químico y como estos reflejan la variabilidad vertical de litologías presentes en el pozo.	7-10

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 2.1. Composición química promedio de las rocas sedimentarias (% en peso).	2-3
Tabla 2.2. Comparación entre la composición química de arenas de ríos modernos con la composición promedio de areniscas propuesta por CLARKE (1924) publicada por MASON (1958).	2-4
Tabla 2.3. Comparación entre la composición química de arenas de ríos modernos, de un sistema fluvial antiguo, de canales distributarios y barras de desembocadura antiguas.	2-5
Tabla 2.4. Contenido de U y Th en rocas sedimentarias.	
Tabla 5.1. Contenido de minerales de arcilla en % en peso en muestras de los intervalos indicados, determinados por DRX. Datos de CORELAB (1996).	5-12
Tabla 6.1. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL773.	6-39
Tabla 6.2. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL806.	6-40
Tabla 6.3. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL832.	6-40
Tabla 6.4. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL850.	6-41
Tabla 6.5. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL869.	6-41
Tabla 6.6. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL965.	6-42
Tabla 6.7. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL967.	6-42
Tabla 6.8. Valores del coeficiente de correlación “r” obtenidos en el pozo LL3045.	6-43
Tabla. 6.9. Valores críticos para el coeficiente de correlación “r”. Según SNEDECOR (1964).	6-43
Tabla. 6.10. Tabla resumen de valores de “r” obtenidos de las tablas anteriores.	6-44
Tabla 6.11. Relación entre “r” y profundidad para la correlación K ₂ O y Al ₂ O ₃ .	6-50
Tabla 6.12. Clasificación de las areniscas analizadas químicamente en este estudio.	6-75
Tabla 6.13. Porcentaje de aciertos usando diferentes combinaciones de variables en la discriminación de ambientes sedimentarios por pozo.	6-91
Tabla 6.14. Porcentaje de aciertos usando diferentes combinaciones de variables en la discriminación intervalos estratigráficos por pozo.	6-91

Tabla 6.16. Funciones discriminantes para diferenciar ambientes en el
área LL453.

6-92 y 6-93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. DATOS GEOQUÍMICOS Y RADIOMÉTRICOS

Anexo II. PERFILES GEOQUÍMICOS Y SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA

Anexo III. DATOS DE PERMEABILIDAD Y POROSIDAD

Anexo IV. FUNCIONES DISCRIMINANTES

I. RESUMEN

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y RADIOMÉTRICA DE UNA SECCIÓN DEL EOCENO EN EL SUBSUELO DEL LAGO DE MARACAIBO, CUENCA DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA

MANUEL SERRANO ALVAREZ

Se evaluó el potencial de la geoquímica de elementos mayoritarios y la radiometría en la definición estratigráfica de una sección del subsuelo de la Formación Misoa de edad Eoceno.

Los métodos analíticos usados en esta evaluación, fueron: el de fluorescencia de rayos X por energía dispersiva y la espectrometría de rayos gamma. Se analizaron 311 muestras obtenidas en 9 pozos con núcleos distribuidos en toda el área estudiada; en estas se determinó la concentración de los elementos químicos mayoritarios (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , CaO , K_2O , MgO , Fe_2O_3) y del V; además se midió la radioactividad natural en 8 ventanas del espectro gamma (γ_{total} , γF1 , $\gamma^{40}\text{K}$, γF2 , $\gamma^{214}\text{Bi}$, γF3 , $\gamma^{208}\text{Tl}$, y γF4).

Mediante el uso de herramientas estadísticas en el procesamiento de datos y con la elaboración de perfiles químicos y radiométricos, se identificaron en la sección estudiada, 9 intervalos estratigráficos con características químicas y radiométricas que los permiten diferenciar uno del otro, separados por superficies de inundación de extensión regional claramente distintivas.

Utilizando los índices $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$, se lograron identificar la presencia de superficies de erosión en los distintos pozos analizados; sólo el contacto erosivo entre B-6-X y B-7-X es el que presenta extensión regional, las otras son de carácter local en muchos casos debidas a la migración lateral de canales distributarios o de marea.

Se demostró en este trabajo el potencial que existe al combinar la geoquímica de elementos mayoritarios con variables radiométricas y el procesamiento estadístico de estos datos en la definición estratigráfica de un área, en donde se pueden diferenciar por sus características químicas y radiométricas los distintos ambientes sedimentarios presentes en una sección estratigráfica así como los distintos intervalos en los que esta se puede dividir, y que reflejan los distintos pulsos sedimentarios que ocurrieron en la cuenca.

Combinando las variaciones verticales del índice de madurez textural ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$), con valores de γ_{total} , y de permeabilidad obtenidos en los núcleos muestreados, se estableció gráficamente la relación existente entre estas variables y la calidad de las areniscas como almacenadoras y productoras de hidrocarburos.

Al no disponerse en un momento dado de suficiente información para la evaluación de una formación productora de hidrocarburos en un área dada; se puede determinar su potencial de producción utilizando la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y γ_{total} tal como se describe en el texto, para eso se debe de tener una caracterización química y radiométrica previa del área que permita hacer las calibraciones de estos parámetros con la calidad de roca yacimiento.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo principal de este trabajo, fue el de evaluar el potencial del uso de la geoquímica de componentes mayoritarios y la radiometría en la definición estratigráfica de un área, además de los otros usos que se le pudiera dar a esta combinación de herramientas en el análisis de una sección sedimentaria conocida; esto con el fin de desarrollar una metodología de análisis que pueda ser aplicada a secciones sedimentarias menos conocidas y con una disponibilidad de muestras mucho menor.

Esta evaluación se llevo a cabo caracterizando geoquímicamente y radiométricamente una sección del subsuelo de edad Eoceno medio – superior, abarcando los miembros B-6-X, B-7-X y B-8-X de la Formación Misoa en el área de producción de hidrocarburos LL453, ubicada en el campo Lagunillas del lago de Maracaibo. En esta área, se disponía de nueve pozos con núcleos que cubrían toda la sección estudiada, lo que permitía una buena caracterización geoquímica y radiométrica de esta.

1.1.1 Objetivos específicos

Este trabajo se enmarca dentro del macro proyecto: CONICIT Agenda Petróleo 97-003547 titulado “Caracterización química y radiométrica de secciones estratigráficas como herramienta de correlación geológica” y cuya finalidad, es el de caracterizar geoquímicamente y por espectrometría gamma, distintas secciones de unidades estratigráficas distribuidas por todo el país.

Los objetivos propuestos y alcanzados en este trabajo, se ajustan a la temática principal del proyecto CONICIT, siendo estos los siguientes;

- Determinar las características químicas y radiométricas del contacto entre B-6-X y B-7-X.

- A partir de los datos químicos obtenidos en este estudio, establecer la posibilidad de diferenciar unidades estratigráficas entre sí.
- Con los datos geoquímicos, identificar si existen variaciones químicas verticales en cada pozo que permitan establecer correlaciones estratigráficas entre cada uno de ellos.
- Identificar discontinuidades estratigráficas utilizando la información geoquímica y radiométrica.
- Definir marcadores geoquímicos que tengan distribución regional.
- Dar un significado geológico a las distintas relaciones existentes entre los componentes químicos.
- Clasificar los distintos tipos litológicos muestreados en cada pozo con la información geoquímica disponible y tratar de establecer la relación entre tipo litológico y capacidad de la roca para producir hidrocarburos.
- Con la información radiométrica y química, derivar funciones discriminantes que permitan diferenciar unidades estratigráficas y ambientes de sedimentación.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona estudiada se ubica en el Campo Lagunillas en el área de producción LL453, en el subsuelo del lago de Maracaibo, Estado Zulia. Figuras 1.1 y 1.2.

El área LL453 es limitada al norte por una falla normal de buzamiento norte que la separa del área LL370, hacia el sur y sureste su límite es definido por un contacto regional de agua - petróleo; hacia el noroeste esta truncada por la discordancia del Eoceno (figura 1.2), en esta zona se ubican los nueve pozos con núcleos en los intervalos B-6-X, B-7-X, y B-8-X que fueron utilizados en este estudio (figura 1.2).

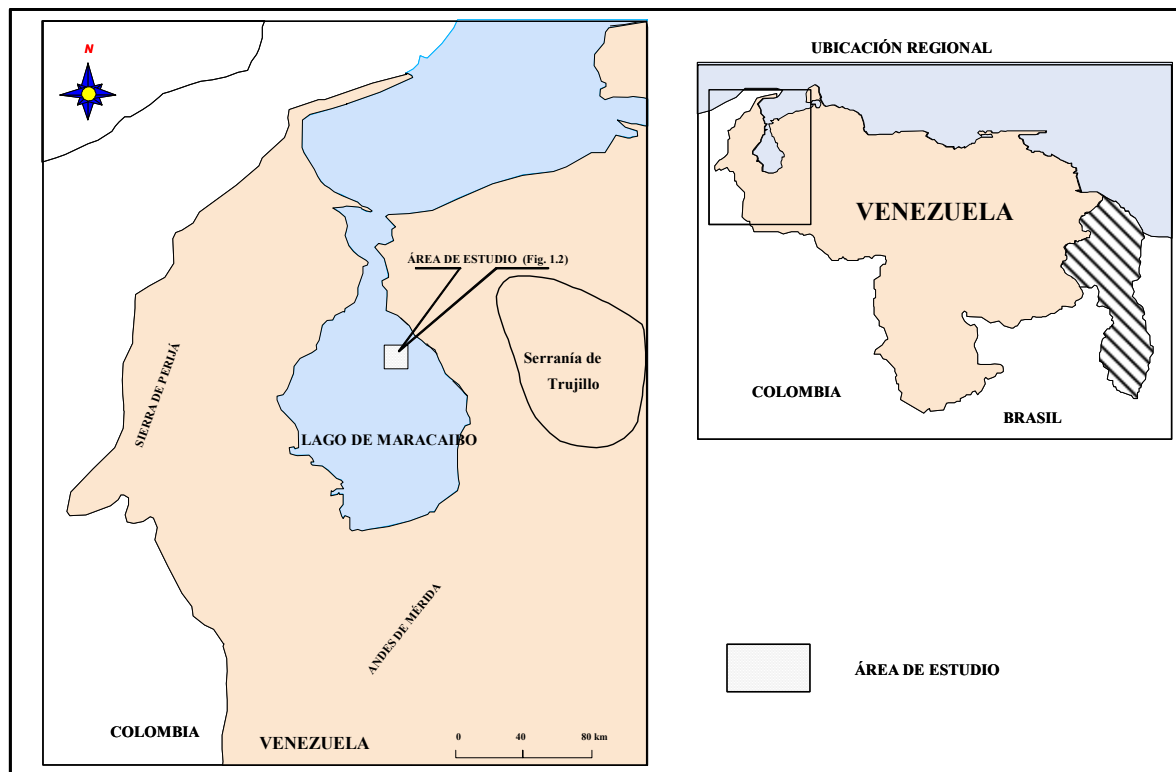


Figura 1.1. Ubicación regional del área estudiada.

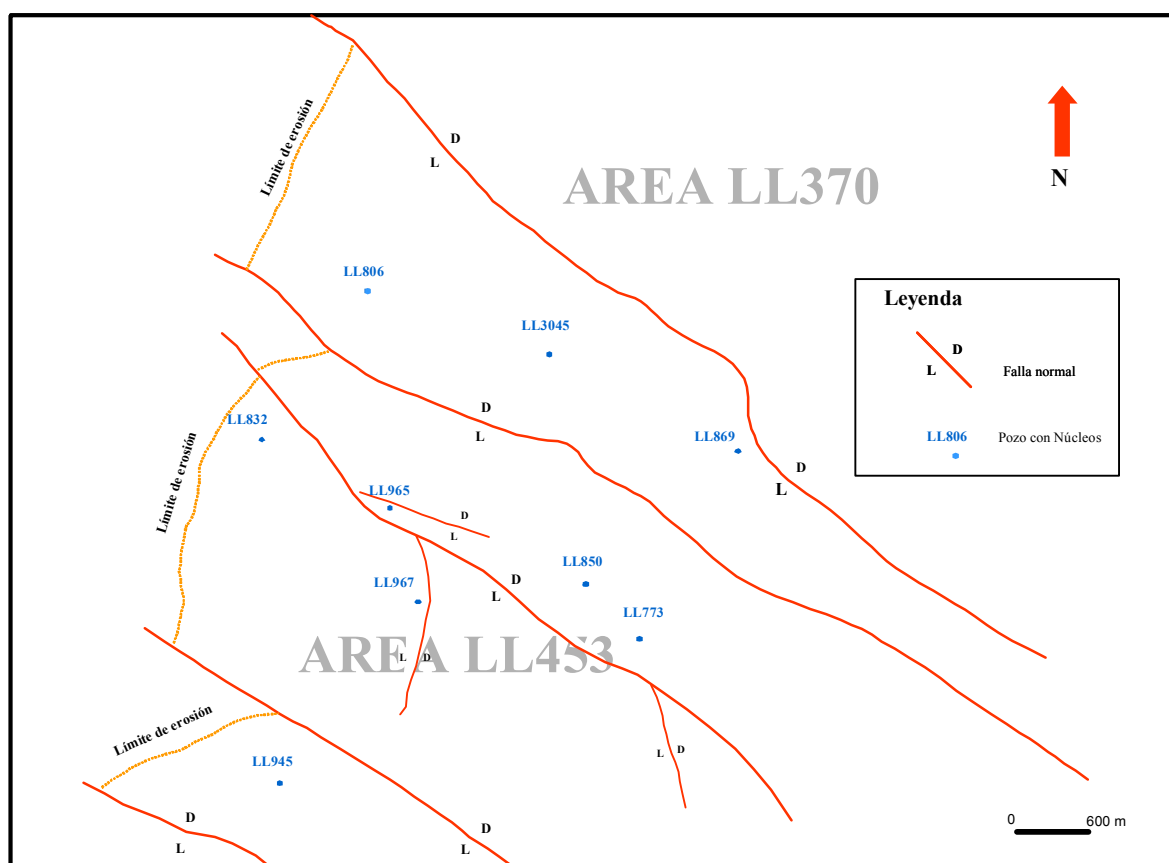


Figura 1.2. Ubicación del área LL453, mostrando sus límites y los pozos con núcleos.

1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.3.1. Criterios de selección

Como se deseaba evaluar el potencial de la geoquímica de componentes mayoritarios y la radiometría en un área del subsuelo, se establecieron algunas pautas previas necesarias en la escogencia de la zona a estudiar y estas incluían:

- Disponibilidad de suficientes pozos con núcleos en un mismo intervalo estratigráfico.
- Que estos pozos estuvieran distribuidos en toda la zona estudiada, lo que pudiera garantizar diferencias químicas y radiométricas laterales por efecto de los procesos de dispersión sedimentaria.

- Disponibilidad de descripción sedimentológica de los núcleos y de análisis convencionales de estos (porosidad y permeabilidad).

- El área a estudiar debe tener una sección bien definida desde el punto de vista estratigráfico, para así poder establecer diferencias o similitudes al correlacionar una sección por los métodos convencionales conocidos y al usar la concentración de óxidos mayoritarios y comportamiento radiométrico.

Es por los criterios arriba mencionados que se selecciono para este estudio el área LL453 en donde se disponían de nueve núcleos en una sección estratigráfica bien conocida (figura 1.2).

La sección estudiada incluye la parte basal de B-6-X, B-7-X, y B-8-X, de los cuales se disponían de suficientes núcleos.

1.3.2. Metodología y equipos analíticos utilizados

1.3.2.1. Análisis químicos

En el análisis químico, se utilizo el método de fluorescencia de rayos X por dispersión de energía, para lo cual se uso el equipo fabricado por la compañía Phillips cuya denominación comercial es MiniPal[®] modelo PW4025/00. Con este se pueden analizar hasta 12 muestras en un tiempo de 48 minutos y viene equipado con una computadora dotada de todos los programas necesarios para el procesamiento y almacenamiento de la información que se obtiene del MiniPal. El procedimiento para la calibración de este equipo, así como otras especificaciones técnicas, son descritas en detalle por MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000).

En este estudio se uso el MiniPal[®] en la determinación de la concentración de los siguientes componentes expresados en % en peso de sus óxidos mas comunes: Al₂O₃, SiO₂, CaO, K₂O, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, MgO y V en ppm.

Las muestras a ser analizadas en este equipo, fueron previamente pulverizadas, y la cantidad necesaria para el análisis no fue mayor de 6 g.

La densidad de muestras tomadas en los núcleos para el análisis químico fue de una muestra cada 1,5 m como promedio. Durante el muestreo, se escogieron aquellas litologías que fueran mas bien de grano fino y estas incluían areniscas, lutitas e intervalos heterolíticos; esto es debido a que al tener estas rocas una uniformidad granulométrica, es más fácilmente que estas posean una distribución química más homogénea.

Tales distribuciones tienden a mantenerse por grandes distancias, lo que las hace muy útiles en correlaciones intracuenca. (PEARCE *et al.* 1999).

1.3.2.2. Radiometría

El equipo utilizado en la medición de las radiaciones gamma (γ) liberadas en la unidad de tiempo en las muestras analizadas en este estudio, fue un escintilómetro portátil marca Exploranium modelo GR-256; en el cual se registraba y analizaba el espectro gamma. El mismo consta de un cristal de destello de ioduro de sodio activado con talio [NaI (Tl)], debidamente protegido dentro de un cilindro de plomo con paredes de 5 cm. de espesor; consta además de un tubo fotomultiplicador capaz de detectar impulsos muy débiles de energía y convertirlos en impulsos eléctricos que luego podrán ser detectados por el registrador de equipo en forma de impulsos por segundo o cuentas por segundo (cps). El cristal de destello y el fotomultiplicador, están aislados del medio ambiente a través de una cápsula de plomo en donde se introducen las muestras a analizar.

El Exploranium, a diferencia de otros equipos, permite seleccionar ocho ventanas con un ancho de canal deseado y ubicarlas en cualquier lugar del espectro, lo que permite establecer regiones de interés y separarlas del resto de los canales de detección que este equipo es capaz de medir del espectro gamma. (MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000).

Para el análisis radiométrico de las muestras de este estudio, se seleccionaron dentro del espectro de radiación gamma ocho ventanas de energía restringidos identificadas como:

$\gamma F1$, γK^{40} , $\gamma F2$, γBi^{214} , $\gamma F3$, γTi^{208} , $\gamma F4$ y una ultima ventana que registra las γ_{totales} de la muestra medida. Figura 1.3 y tablas del anexo I.

Debido a la naturaleza de las radiaciones gamma, la respuesta de sus mediciones obedece a un decaimiento exponencial, por lo que a un Δt de medición mayor, mayor es el número de cuentas por segundo registrada o γ gamma. (MARTÍNEZ & CAMPOSANO *op cit.*).

Para un uso mas eficiente del equipo MARTÍNEZ & CAMPOSANO (2000) determinaron la cantidad optima de muestra en donde a partir de esta se estabilizaban los valores de cuentas por segundo (cps), siendo la misma de unos 150 g de muestra para un tiempo de medición de 480 segundos. En el análisis de las muestras de este trabajo se siguieron las recomendaciones propuestas por MARTÍNEZ & CAMPOSANO (*op cit.*).

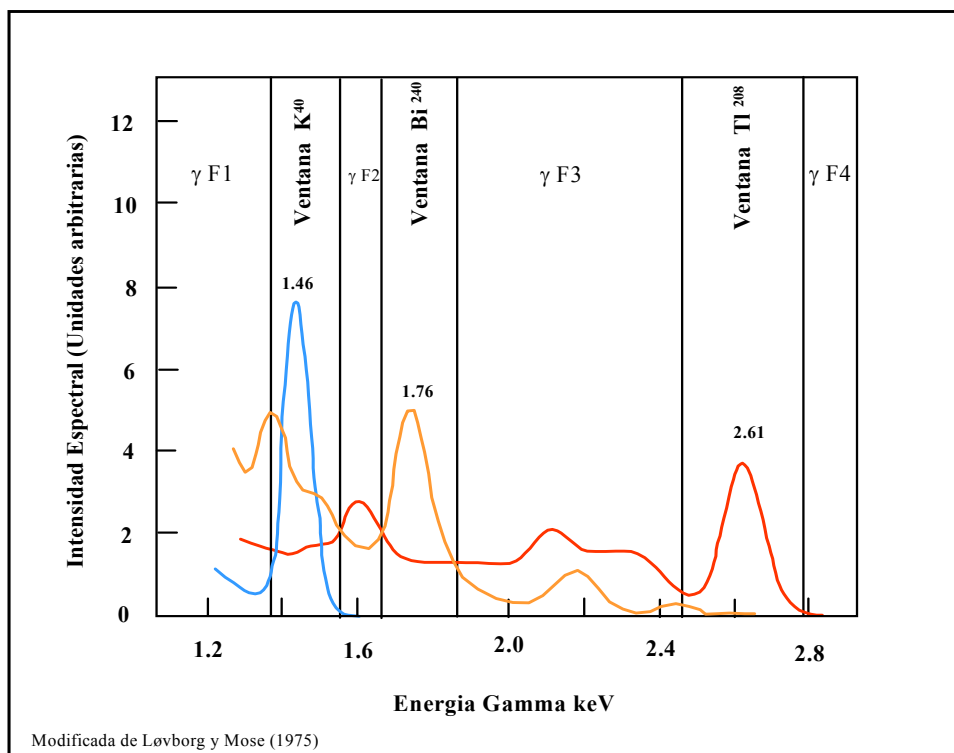


Figura 1.3. Espectro gamma donde se muestran las ventanas de medición del Exploranium.

1.4. AGRADECIMIENTOS

El suscrito desea expresar su agradecimiento a la Escuela de Geología de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, por la formación humanística y profesional que obtuve durante mis felices años de estudiante en esta institución.

Al profesor Dr. Franco Urbani, guía académico de este trabajo; por su orientación durante la formulación y desarrollo de este proyecto así como sus valiosos consejos que llevaron a feliz termino esta investigación.

A los técnicos encargados del laboratorio de procesamiento y análisis de muestras: Luis Camposano, Ivan Baritto, e Ivan Arias, que a pesar de sus obligaciones académicas y las del mismo laboratorio, me cedieron parte de su tiempo para entrenarme en el manejo de los equipos de procesamiento y análisis químico y radiométrico de las muestras.

A la profesora Dra. Celia Bejarano por sus valiosa sugerencias y correcciones a la versión previa de este informe.

A la Msc. María Salazar por permitir que usara parte de mi tiempo dedicado al proyecto que ella en ese momento lideraba en PDVSA, para el análisis químico y radiométrico de las muestras de este trabajo.

A la Msc. Angela Rojas y a los Ing. María Alejandra Rojas, Coral Campos y al Br. Deiby Gómez, por su apoyo logístico y valiosos aportes a esta investigación.

Y especialmente a mi esposa Georgia, y mis hijos Manuel Eduardo y Luis Alejandro, por su paciencia y ayuda al momento de mecanografiar parte de este trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. GEOQUÍMICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

2.1.1. Introducción

Los factores que controlan la geoquímica de las rocas sedimentarias, incluyen: composición de la fuente sedimentaria, meteorización química, selección hidráulica, diagénesis, metamorfismo y alteración hidrotermal. Estos factores son parcialmente dependientes de la fisiografía del área donde se desarrolla el sistema depositacional y del marco tectónico en donde estos procesos se producen (BHATIA 1983).

Los constituyentes originales de la corteza como lo son los minerales de las rocas ígneas, han sido formados bajo condiciones de altas temperaturas y algunas veces altas presiones lo que los hace inestables bajo las condiciones en que se forman las rocas sedimentarias. De los minerales más comunes de las rocas ígneas, sólo el cuarzo es el más resistente a los procesos de meteorización. El resto de los minerales tienden a alterarse, por la acción del oxígeno, ácido carbónico, y el agua; originando nuevos minerales estables a las condiciones en que los procesos sedimentarios son activados (MASON 1958).

Las rocas alteradas son rápidamente disgregadas y sus constituyentes son transportados por el viento, el agua o el hielo y redepositados como sedimentos o permaneciendo en solución, la composición química de estas futuras rocas sedimentarias va a ser tan diversificada como las mismas rocas originales de las cuales se derivan los sedimentos; sólo que esta diversificación opera en la superficie de la tierra y no a profundidad.

Las rocas sedimentarias pueden ser divididas en dos grupos dependiendo si estas son constituidas por minerales o partículas de rocas preexistentes o si ellas son precipitadas a partir de soluciones acuosas. Esta división no es completamente cierta, debido a que las rocas clásticas pueden contener cementos minerales originados por precipitación química, mientras que las rocas de origen químico pueden contener componentes detríticos (FAURE 1998).

La composición química en ambos grupos puede ser modificada por procesos de intercambio iónico independientemente de si son de origen detrítico o químico.

2.1.2. Composición química de las rocas sedimentarias

La composición química de las rocas sedimentarias, es extremadamente variable en relación a la de las rocas ígneas. Esta composición es el reflejo de las variables endógenas y exógenas que actúan antes y durante la depositación de estos. Luego de que los sedimentos han sido depositados son sometidos a procesos de soterramiento que lo someten a temperaturas que se incrementan con la profundidad y activan todos los procesos post depositacionales en donde se operan transformaciones mineralógicas por la reacción de los minerales de la roca con los fluidos intersticiales que se mueven a través del sistema poral, que transportan iones de un lugar a otro.

El tiempo de residencia de estos sedimentos en una profundidad dada es un factor importante en la transformación mineralógica y química de estos. El producto final es una roca sedimentaria donde su composición química puede ser diferente a la de los sedimentos antes de su depositación.

Considerando la composición en términos de óxidos, encontraremos que el SiO_2 excede el 99% en algunas areniscas; el Al_2O_3 puede alcanzar hasta 70 % en la bauxita; el Fe_2O_3 puede ser mayor del 75 % en algunas limolitas, el FeO puede llegar a alcanzar hasta 60 % en la siderita, MgO hasta 20 % en dolomitas; y CaO hasta 60 % en calizas puras. Estas fuertes variaciones composicionales hacen que determinar la composición promedio de las rocas sedimentarias no sea tarea fácil (MASON 1958).

CLARKE (1924), citado por MASON (1958) estima la composición promedio de las rocas sedimentarias comunes (lutitas, areniscas y calizas) analizando mezclas de muchas muestras individuales. Estimando las cantidades relativas de estas rocas calculo la composición promedio de las rocas sedimentarias, esta las compara con la composición promedio de las rocas ígneas. Tabla 2.1.

POTTER (1978) compara la composición química promedio de las areniscas propuesta por CLARKE; con las muestras de arenas de 53 ríos recientes; notando que en general los porcentajes en los óxidos es menor en las areniscas antiguas que en las modernas, sólo hay un incremento en el contenido de CaO , MgO y K_2O elementos estos que juegan un papel importante en los procesos diagenéticos a la que los sedimentos son sometidos (tabla 2.2).